

## ESTUDIO COMPARATIVO DE ROCAS BASALTICAS FRENTE A LA RAS

Maiza, P. J.<sup>1,3</sup>; S. A. Marfil<sup>1,5</sup>; J. D. Sota<sup>2,4</sup> y O. R. Batic<sup>2,5</sup>

1. Universidad Nacional del Sur. San Juan 670. 8000 Bahía Blanca.

2. LEMIT. Calle 52 entre 121 y 122. 1900 La Plata.

3. Investigador CONICET.

4. Profesional CIC.

5. Investigador CIC.

### RESUMEN

Rocas basálticas de distinta procedencia fueron ensayadas para establecer su potencial reactividad con vistas a su utilización como agregados para hormigones de cemento portland.

Se realizaron estudios sobre secciones delgadas, determinándose la composición mineralógica, textura, grado de alteración, etc., con especial énfasis en los minerales considerados deletéreos frente a la RAS.

También se consideró especialmente la compacidad, pues el conjunto de rocas analizadas es muy heterogéneo, desde compactas, de fractura concoidea hasta extremadamente porosas, tipo escoria. Esta característica es muy importante pues afecta los hormigones o morteros en los que intervienen. Todas las muestras fueron estudiadas utilizando el método de la barra de mortero ASTM C-227 y ASTM C-9 P-214 y también se analizó en cada roca, la sílice soluble, según ASTM C-289.

Se determinó la presencia de materiales arcillosos por DRX, estudiando simultáneamente patrones conocidos para asegurar los resultados.

Los estudios realizados ponen en evidencia que las muestras de basaltos potencialmente reactivas contienen montmorillonita, vidrio volcánico o están silicificadas.

**Estudio comparativo de rocas basálticas frente a la RAS**  
**Mniza, P. J.; S. A. Marfil; J. D. Sota y O. R. Batic**

**INTRODUCCION**

En nuestro país existen grandes afloramientos de basaltos distribuidos en diversas zonas, entre los más importantes se pueden nombrar los de la patagonia (Somuncurá), mesopotamia, los del centro (zona Córdoba) y San Luis.

Debido a sus características físico-mecánicas, constituyen un material aceptable para el hormigón.

Con estas rocas se han construido importantes obras como los diques de Yacyretá, Salto Grande, puentes, caminos, etc.

También es habitual encontrar trozos de basaltos distribuidos en la granulometría de las gravas. Una de sus particularidades es que debido a su origen y constitución pueden estar asociados con minerales que producen reacciones deletéreas con los álcalis que se encuentran en el hormigón. Esta situación ha conducido a que para su uso en grandes obras hidráulicas sea necesario tomar precauciones para evitar que se produzca la RAS.

En este trabajo se evalúan diferentes tipos de rocas basálticas, frente a la reactividad alcalina potencial, determinando las posibles causas del comportamiento diferencial observado, según sus características mineralógicas y petrográficas, en relación con los métodos normalizados de la barra de mortero, ASTM C-227, acelerado ASTM C-9 P-214 y la determinación de la sílice disuelta con la metodología de la norma ASTM C-289.

**MATERIALES Y TECNICAS EXPERIMENTALES**

Los estudios se realizaron sobre nueve muestras de basaltos identificados según tabla N° I. En todos los casos se realizaron determinaciones con cinco metodologías a fin de comparar y finalmente integrar conclusiones. Los métodos utilizados se describen a continuación de manera resumida:

1. ASTM C-227, método de la barra de mortero: Los resultados se obtuvieron durante 6 meses, tabla N° I.
2. ASTM C-9 P-214, método acelerado. Muestras iguales a las del método anterior, con curado a temperatura de 80 °C y sumergidas en solución de NaOH 1N. Valores hasta los 28 días. Tabla N° I.
3. ASTM C-289, método químico, determinación por gravimetría de la sílice disuelta. Tabla N° II.
4. Difractometría de rayos X: Se utilizó un difractómetro Rigaku D max III-C computarizado, con radiación de Cu y filtro de Ni, con 35 Kv y 15 mA.
5. Microscopio de polarización: Se utilizó para estudiar la composición mineralógica y las características petrográficas de los basaltos.

TABLA N° I. Ensayos físicos.

Muestra de agregado	ASTM C-227		ASTM C9 P-214 % de expansión a los	
	% de expansión a la edad		16 días	28 días
	3 meses	6 meses		
Garrapata	0.022	0.026	0.064	0.073
Los Cóndores 1	0.006	0.013	0.054	0.043
Los Cóndores 2	0.035	0.030	0.054	0.063
Comallo	0.022	0.023	0.050	0.070
Aguada de Guerra	0.019	0.020	0.036	0.041
La Pasarela	0.023	0.024	0.080	0.111
Comallo Poroso	0.032	0.034	0.053	0.070
Yacyretá 1	0.023	0.022	0.192	0.313
Yacyretá 2	-	-	0.159	0.274
Misiones	0.029	0.030	0.214	0.343
Yacyretá 3	-	-	0.303	0.538
La Calera	0.021	0.022	0.403	0.528

TABLA N° II. Método de ensayo químico. ASTM C-289

Muestra	Sílice disuelta	
	en miligramos	Cl (milimoles/litro)
Garrapata	2.2	7.33
Los Cóndores 1	3.3	11.00
Los Cóndores 2	3.4	11.33
Comallo	4.2	13.99
Aguada de Guerra	8.0	26.66
La Pasarela	11.5	38.33
Comallo Poroso	12.8	42.66
Yacyretá 1	23.0	76.66
Yacyretá 2	16.7	55.66
Misiones	79.5	264.97
Yacyretá 3	57.0	189.89
La Calera	32.0	106.66

De los valores obtenidos es notable apreciar que la sílice disuelta, determinada por el método ASTM C-289, varía de 2 a 80 mg. El primer valor coincide prácticamente con el de feldespato. Se obtuvo en basaltos frescos constituidos fundamentalmente por plagioclasa y carentes de pasta vítrea. En este caso la roca se comporta como inocua. A medida que se incrementa el grado de alteración, dado principalmente por la presencia de arcillas del tipo montmorillonita y vidrio volcánico contenido en la pasta, el valor de sílice disuelta se incrementa, llegando en las rocas estudiadas a un máximo de 79.5 mg para el basalto Misiones. (Este ha sido calificado como reactivo en todos los métodos de ensayo utilizados).

### **Características petrográficas de las rocas analizadas:**

Se realizaron cortes delgados de cada uno de los basaltos estudiados para ser observados al microscopio petrográfico a fin de establecer su composición mineralógica, texturas, presencia de minerales de alteración, vidrio volcánico, etc., con el objeto de interpretar el comportamiento diferencial de estas rocas frente a los álcalis del cemento portland.

#### Aguada de Guerra:

La roca está constituida por abundantes tablillas de plagioclasa (labradorita). Estas encierran a granos de variado tamaño de olivinos y piroxenos alterados, principalmente cloritizados y desferrizados. Son abundantes los minerales opacos, por lo común hematita. La textura es intergranular. (Fotomicrografía N° 1, x 10, con nicol analizador). Se observan zonas silicificadas con algo de arcilla (montmorillonita), como se muestra en la fotomicrografía N° 2, (x 200 luz paralela). Aparecen pequeñas cantidades de vidrio muy fresco (Fotomicrografía N° 3, x 500 luz paralela).

#### La Pasarela:

La roca está constituida por fenocristales de plagioclasa (labradorita) y olivino, en una pasta de pequeñas tablillas de plagioclasa, olivinos, piroxenos y opacos. (Fotomicrografía N° 4, x 100, con nicol analizador).

#### Yacyretá:

La roca está constituida por abundantes tablillas de plagioclasa que encierran granos de piroxenos con moderada a intensa alteración. La textura es intergranular. La plagioclasa se presenta fundamentalmente sericitizada, por lo común dispuesta en forma de venillas en microfracturas de los fenocristales. Es abundante la arcilla (montmorillonita), (Fotomicrografía N° 5, x 500 luz paralela). También es abundante el vidrio volcánico, con moderada alteración (Fotomicrografía N° 6, x 500 luz paralela y fotomicrografía N° 7 con nicol analizador), donde se observa el elevado grado de alteración que presenta la roca.

#### La Calera:

La roca está constituida por abundantes tablillas de plagioclasa que encierran granos de olivinos y piroxenos, formando una textura intergranular. (Fotomicrografía N° 8, x 100 con nicol analizador). Los mafitos presentan leves indicios de alteración, principalmente desferrización y cloritización, localmente se observan zonas carbonatizadas. El feldespato está levemente argilizado. En algunos interespacios de los feldespatos se observan relictos de vidrio con marcados procesos de alteración. (Fotomicrografía N° 9, x 200 luz paralela).

#### Los Cóndores:

La muestra está constituida por fenocristales grandes aislados de olivino, contenidos en una pasta microcristalina de piroxenos tabulares tipo augita y feldespato intersticial. La pasta contiene abundantes fenocristales de nefelina con leves indicios de alteración. Esta engloba abundantes microfenocristales de clinopiroxenos, desarrollando a veces texturas poiquiliticas. Los piroxenos presentan un progresivo proceso de alteración, observándose bandas concéntricas periféricas de biotita la que frecuentemente continua su alteración para terminar en cloritas. Por su baja birrefringencia son ricas en hierro (turingita). En el proceso de alteración de los piroxenos, se desarrolla una hematización importante. También es abundante la presencia de minerales opacos. No hay vidrio. (Fotomicrografía N° 10, x 200 con nicol analizador).

Garrapata:

La roca está constituida por escasos fenocristales de olivino, dentro de una pasta de clinopiroxenos y feldespatoides (nefelina). Son abundantes los minerales opacos. Numerosos fenocristales de olivinos y principalmente piroxenos están reemplazados pseudomórficamente por cloritas. La alteración del piroxeno produce una fuerte biotitización, la que culmina con una etapa de cloritización. La mica es flogopita. No se observa vidrio ni plagioclasa. La roca podría definirse como nefelinita olivínica. (Fotomicrografía N° 11, x 100 con nicol analizador).

Comallo Compacta:

La muestra está constituida por abundantes fenocristales de olivino y en menor proporción piroxenos, distribuidos en una pasta de tablillas de plagioclasa, granos de piroxenos, abundantes opacos y nefelina intersticial. Tiene textura microgranular. La roca se presenta bastante fresca, sólo se observan indicios de carbonatización. (Fotomicrografía N° 12, x 100 con nicol analizador).

Comallo porosa:

La roca está constituida por abundantes fenocristales de olivino, distribuidos en una pasta de tablillas de plagioclasa, minerales opacos y piroxenos. La roca es altamente porosa. No muestra evidencias de alteración en la superficie de las vesículas. En la pasta se conservan escasos relictos de material vítreo, frecuentemente enmascarado por los oxidados de hierro, producidos por la desferización de los mafitos (principalmente piroxenos). El olivino se presenta bastante fresco, al igual que el feldespato. La textura es intersertal. (Fotomicrografía N° 13, x 50 luz paralela).

Misiones:

La roca basáltica está constituida por abundante plagioclasa, de composición labradorita. En algunos casos se observan fenocristales de mayor tamaño, a veces con zonación, cuya composición esporádicamente llega a andesina. Los mafitos predominantes son clinopiroxenos determinados como augita. El grado de alteración es variable. Hay fragmentos intensamente cloritizados, donde la clorita es pseudomorfa de olivino y a veces se encuentra cristalizada en los espacios intercristalinos. Es común encontrar vecículas rellenas por clorita, celadonita y el núcleo constituido por montmorillonita. En algunos fragmentos se conservan restos del vidrio original, los minerales principales están sericitizados y a veces se reconocen cristales asciculares determinados como caolín.

**Difractometría de rayos X:**

Este método se utilizó para determinar la presencia de arcillas en los basaltos. Las muestras fueron molidas hasta pasar el tamiz IRAM 75  $\mu\text{m}$  (N° 200). Se colocaron en probetas, agregando agua para formar una suspensión, se dispersaron durante 10 minutos con ultrasonido y se dejaron decantar. Al cabo de 2 horas se tomó el líquido con el material suspendido, el que fue colocado sobre un portaobjeto. Luego fue analizado por DRX. Los resultados obtenidos son los siguientes:

En las muestras de La Calera, Comallo compacta, Comallo porosa, La Pasarela, Garrapata y Los Cóndores, no se detectaron arcillas.

En la roca de Yaciretá se identificó claramente una reflexión aproximadamente en 14 Å, adjudicada a montmorillonita (Figura 1a). A fin de confirmarlo se trató la muestra con etilenglicol (Figura 1b), observándose efectivamente el desplazamiento de la reflexión mencionada hasta 17 Å.

En el basalto de Aguada de Guerra también se identificó montmorillonita aunque en mucha menor proporción. La muestra de Misiones tiene clorita, illita y caolinita.

**Estudio comparativo de rocas basálticas frente a la RAS**  
**Maiza, P. J.; S. A. Marfil; J. D. Sota y O. R. Batic**

Por otra parte y a fin de determinar el límite mínimo de detección de montmorillonita por DRX, se adicionaron diferentes porcentajes en peso de esta arcilla a una muestra de basalto que se sabía estaba exenta de ella. Se reemplazó entre 0.5 y 10 % de basalto por montmorillonita y se trataron las muestras de la misma forma que para las rocas naturales. Pudo identificarse la arcilla en todos los casos aún cuando sólo contenía 0.5 %.

### DISCUSION

La reactividad de estas rocas, desde el punto de vista de la RAS se atribuye principalmente a la presencia de vidrio volcánico y/o montmorillonita. La identificación de estos minerales y su cuantificación sigue siendo un problema de difícil solución. Para confirmar la reacción, se aplicó el método de las barras de mortero. En algunas muestras, la correlación entre los métodos aplicados es concluyente (basalto de Misiones), en otras se obtiene una buena orientación (basalto Yacretá), existiendo una franja en que los resultados no son determinantes.

En la figura N° 2, se muestra la relación que existe entre la sílice disuelta y el porcentaje de expansión determinado mediante el ensayo ASTM C-227 y en la figura N° 3, con el acelerado (ASTM C-9 P-214).

### CONCLUSIONES

1. En las muestras de rocas en que se manifestó reacción, se determinó la presencia de vidrio volcánico y/o montmorillonita, como motivo principal de la reacción.
2. De acuerdo a las experiencias realizadas en el presente trabajo DRX permite determinar la presencia de montmorillonita en valores de 0.5 %.
3. Existe correlación entre los valores de sílice disuelta y los obtenidos en el ASTM C-9 P-214.
4. No se ha podido establecer una correlación entre los valores de sílice disuelta y los obtenidos en el ensayo ASTM C-227 a los 6 meses, con los resultados disponibles.
5. El estudio de las rocas al microscopio petrográfico permite determinar, en forma rápida, la presencia de materiales potencialmente reactivos.
6. Estimamos conveniente realizar ensayos sobre otras muestras de basaltos para determinar la posibilidad de establecer un límite de sílice disuelta que indicará la existencia o no de una posible RAS.

### BIBLIOGRAFIA

- ASTM C-227 (1981). Standard test method for potential alkali reactivity of cement - aggregate combination. (Mortar bar method). 148-153.
- ASTM C-289 (1981). Standard test for potential reactivity of aggregates (Chemical Method). 193-197.
- ASTM C-9 P-214 (1990). Proposed test method for accelerated detection of potentially deleterious expansion of mortar bars due to alkali-silica reaction. Book of Standards. Vol. 04.02, 739-742.

1 K

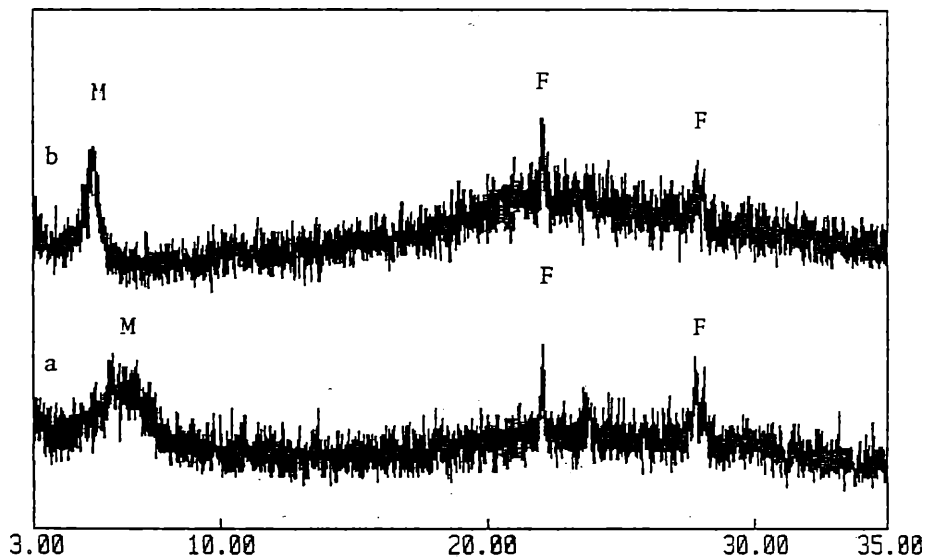


FIGURA N° 1

1a.: Montmorillonita (M), separada del basalto Yacyretá. (F) = feldespato.  
1b.: 1a tratada con etilen glicol.



FOTOMICROGRAFIA N° 1



FOTOMICROGRAFIA N° 2



FOTOMICROGRAFIA N° 3





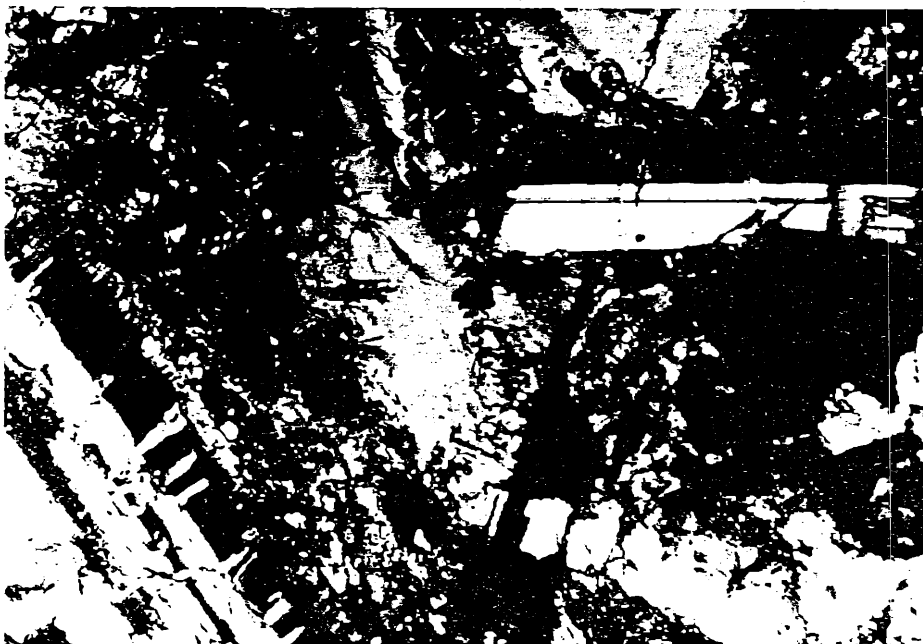
FOTOMICROGRAFIA N° 4



FOTOMICROGRAFIA N° 5



FOTOMICROGRAFIA N° 6



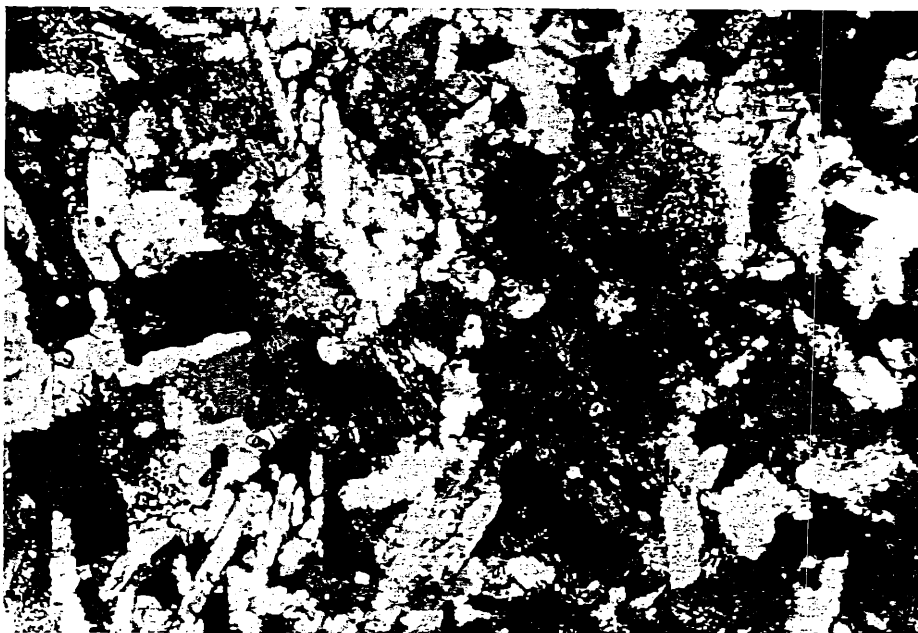
FOTOMICROGRAFIA N° 7



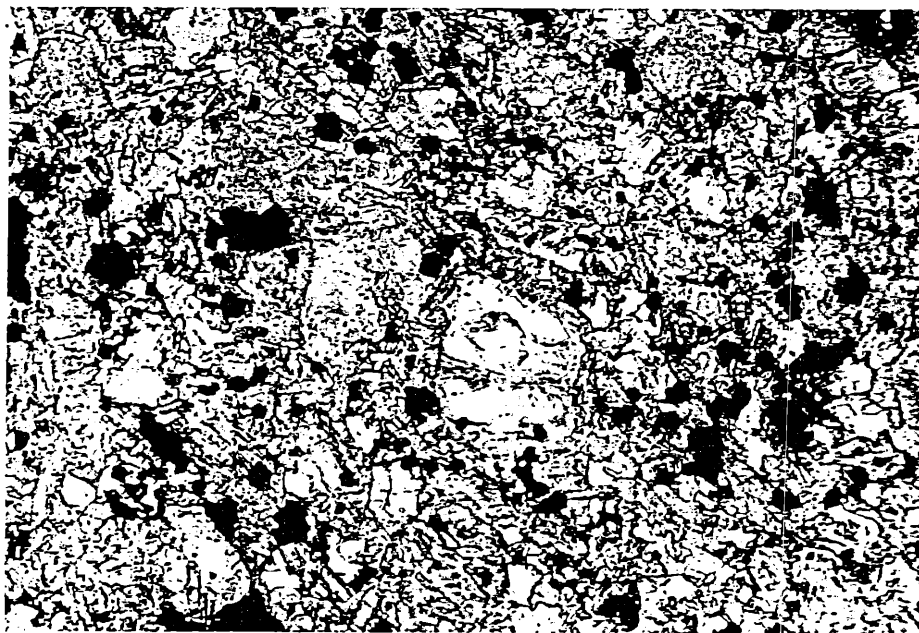
FOTOMICRÓGRAFIA N° 8



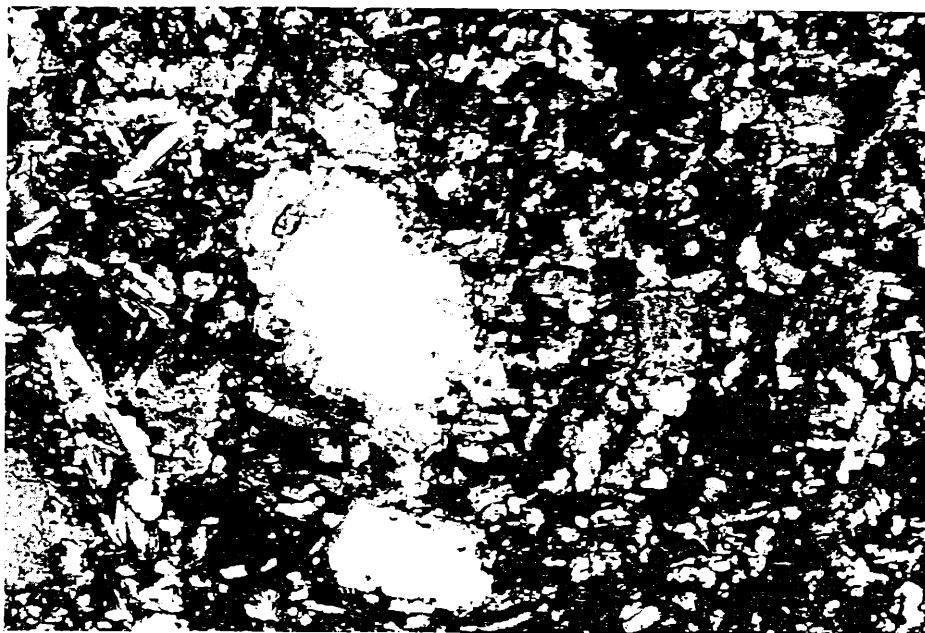
FOTOMICRÓGRAFIA N° 9



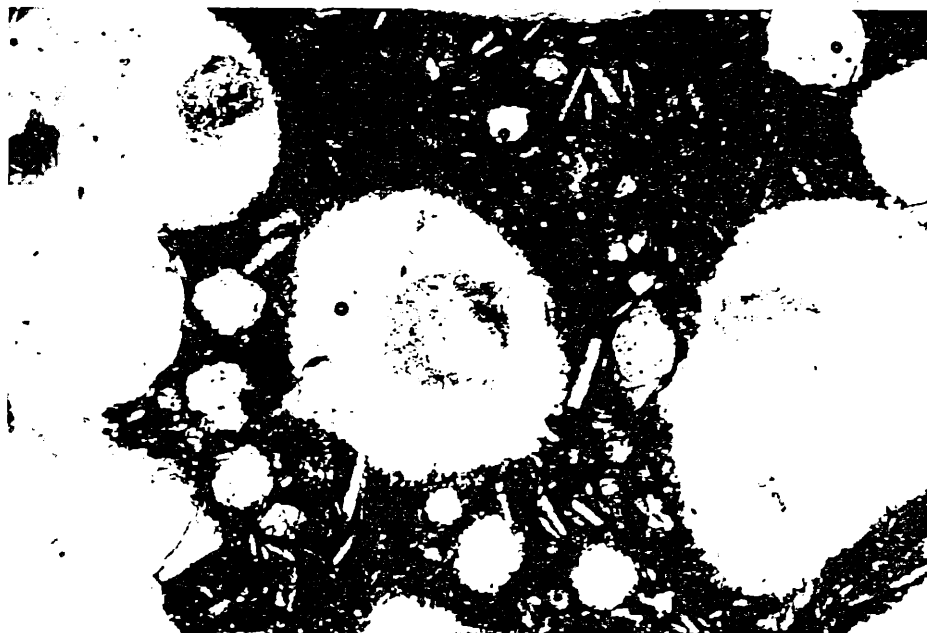
FOTOMICROGRAFIA N° 10



FOTOMICROGRAFIA N° 11



FOTOMICROGRAFIA N° 12



FOTOMICROGRAFIA N° 13

Estudio comparativo de rocas basálticas frente a la RAS  
Maiza, P. J.; S. A. Marfil; J. D. Sota y O. R. Batic

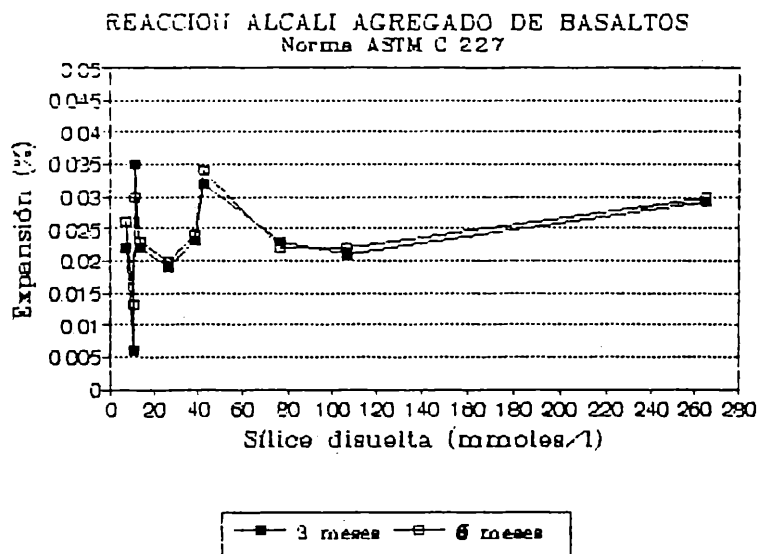


FIGURA N° 2

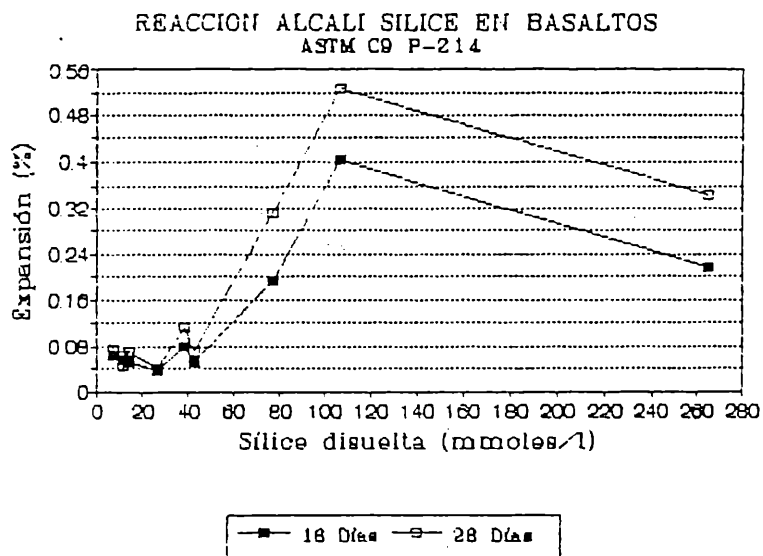


FIGURA N° 3